

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2013 Radek ADAMEC

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Absolvování individuální odborné praxe
Individual Professional Practice in the
Company

2013 Radek ADAMEC

Zadání bakalářské práce

Student:

Radek Adamec

Studijní program:

B2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

3907R001 Elektroenergetika

Téma:

Absolvování individuální odborné praxe
Individual Professional Practice in the Company

Zásady pro vypracování:

1. Student vykoná individuální praxi ve firmě: ČEZ Distribuční služby, s.r.o.
2. Struktura závěrečné zprávy:
 - a. Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta
 - b. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti
 - c. Zvolený postup řešení zadaných úkolů
 - d. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe
 - e. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe
 - f. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:


Podle pokynů konzultanta, který vedl odbornou praxi studenta.

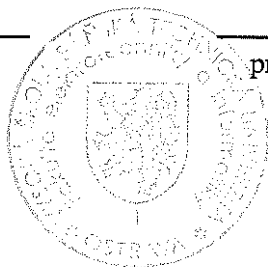
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

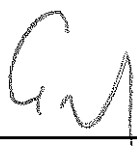
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Stanislav Mišák, Ph.D.**

Datum zadání: 30.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry

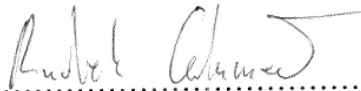



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 7. 5. 2013


.....
Radek Adamec

Prohlášení zástupce spolupracující právnické osoby

„Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.“

V Ostravě 6. 5. 2013



ČEZ Distribuční služby, s.r.o.
28. října 3123/152
709 02 Ostrava, Moravská Ostrava

(433)

.....
Ing. Jiří Horák MBA
ředitel úseku vvn
ČEZ Distribuční služby, s. r. o.

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval firmě ČEZ Distribuční služby, s. r. o. za to, že mi umožnila vykonat odbornou praxi. Za spolupráci, teoretické a hlavně praktické rady bych chtěl poděkovat všem zaměstnancům ČEZ Distribuční služby, s. r. o., se kterými jsem se měl možnost potkat. Jmenovitě bych chtěl poděkovat Romanu Kostelníkovi. Děkuji také konzultantovi bakalářské práce Ing. Petru Medkovi za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této práce. Dále děkuji doc. Ing. Stanislavu Mišákovi, Ph.D. za vedení bakalářské práce. V neposlední řadě bych rád poděkovat svojí rodině a přítelkyni za podporu během celého studia.

Abstrakt

Tato práce popisuje absolvování odborné praxe ve společnosti ČEZ Distribuční služby, s. r. o., která byla vykonána na oddělení Diagnostika kabelů. Zaměřuje se na problematiku měření částečných výbojů na kabelovém vedení vysokého napětí metodou Oscillating Wave Test System.

Úvodní část této práce je věnována stručné charakteristice průmyslového partnera ČEZ, a. s., jež byl zprostředkovatelem odborné praxe. V dalších částech je pozornost věnována popisu diagnostického systému, používaného k měření částečných výbojů na kabelovém vedení. Hlavní částí této práce je popis samostatného měření částečných výbojů metodou Oscillating Wave Test System. Vyhodnocení naměřených hodnot tvoří poslední část této práce.

Klíčová slova

Oscillating Wave Test System (OWTS), izolace, částečný výboj, kabelové vedení, diagnostika, ČEZ, odborná praxe

Abstract

The aim of the bachelor's thesis is to describe the completion of professional experience acquired in ČEZ Distribuční služby, s. r. o.. The completion was performed at the department of diagnostic cables. The thesis focuses on the issue of partial discharge measurements on high voltage cable lines using Oscillating Wave Test System.

The introductory part of this thesis is devoted to a brief characterization of industrial partner ČEZ, a. s., the intermediary professional practice. In other parts of the thesis the attention is paid to describing the diagnostic system used for partial discharge measurements. The main part of the thesis is focused on the description of separate partial discharge measurement method Oscillating Wave Test System. Evaluation of the measured values is the last part of this work

Key words

Oscillating Wave Test System (OWTS), insulation, partial discharge, cable lines, diagnosis, ČEZ, professional practice

Seznam použitých symbolů a zkratek

AC	střídavý proud (alternate current)
ANKTOPV	označení kabelového vedení s papírovou izolací
AXEKCEY	označení kabelového vedení s izolací z polyetylenu
AXEKCVEY	označení kabelového vedení s izolací z polyvinylchloridu
ČDS	ČEZ Distribuční služby, s. r. o.
ČEPS	provozovatel přenosové soustavy
ČEZ	České energetické závody
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
DC	stejnoseměrný proud (direct current)
MV	měřicí vůz
OWTS	Oscillating Wave Test System
PD	částečný výboj (Partial Discharge)
PE	polyetylen
PVC	polyvinylchlorid
s. r. o.	společnost s ručeným omezením
TDR	reflektometrické vyhodnocení vzdálenosti míst (Time Domain Reflectometry)
USB	univerzální sériová sběrnice (Universal Serial Bus)
VN	vysoké napětí
VVN	velmi vysoké napětí
VŠ	vysoká škola
Wi-fi	komunikační standard pro bezdrátový přenos dat (Wireless Fidelity)
XLPE	zesíťovaný polyetylén (Cross-Linked Polyethylene)

C	(F)	kapacita
f	(Hz)	frekvence
L	(H)	indukčnost
PD_{level}	(pC)	střední hodnota částečného výboje
PD_{max}	(pC)	maximální náboj částečného výboje
$PDEV$	(kV)	zhášecí napětí částečného výboje
$PDIV$	(kV)	zápalné napětí částečného výboje
RMS	(kV)	efektivní hodnota napětí
t_{nab}	(s)	čas nabíjení
$tg \delta$	(-)	ztrátový činitel
U_0	(kV)	provozní fázové napětí (efektivní hodnota)
U_{peak}	(kV)	špičkové napětí
U_s	(kV)	sdílené napětí

Obsah

1	Úvod	1
2	Student vykonal individuální praxi ve firmě	2
2.1	ČEZ, a.s.	2
2.2	Popis odborného zaměření firmy a popis pracovního zařazení	2
2.2.1	ČEZ Distribuční služby, s. r. o.	2
2.2.2	Oddělení Diagnostika kabelů	3
3	Seznam úkolů zadaných studentovi	4
4	Postup řešení zadaných úkolů	5
4.1	Měření částečných výbojů metodou OWTS	5
4.1.1	Částečné výboje (Partial Discharges)	5
4.1.2	Princip systému OWTS	5
4.1.3	Velikost oscilujícího napětí	7
4.1.4	Šíření impulsu oscilační vlny	7
4.1.5	Komponenty diagnostického měřicího systému OWTS	7
4.1.6	Typy kabelového vedení	8
4.1.7	Měření PD	8
4.1.7.1	Před měřením	8
4.1.7.2	Informace o testovaném objektu	9
4.1.7.3	Kalibrace	10
4.1.7.4	Zahájení měření	11
4.1.7.5	Samotné měření PD	11
4.1.7.6	Reflektometrické vyhodnocení vzdálenosti míst	12
4.1.7.7	PD mapping	13
4.1.7.8	Ukončení měření	14
4.1.8	Vyhodnocení	14
4.1.9	Příklad z praxe	15
4.1.9.1	Příklad 1	15
5	Znalosti a dovednosti získané v průběhu studia	17
6	Znalosti a dovednosti scházející studentovi	18
7	Dosažené výsledky a celkové zhodnocení	19
7.1	Dosažené výsledky	19
7.2	Celkové zhodnocení	19
8	Literatura	20
9	Seznam obrázků	21
10	Seznam tabulek	21

1 Úvod

Žijeme v době, kdy se bez dodávky elektrické energie neobejdeme. A právě na dodávku elektrické energie se kladou stále vyšší nároky, a to nejen na kvalitu, ale hlavně na spolehlivost dodávky v jakoukoliv dobu, za jakýchkoliv podmínek. Abychom avšak mohli elektrickou energii spolehlivě dodávat, musíme předcházet neočekávaným stavům, hlavně stavům poruchovým. K dosažení tohoto cíle nám pomáhá diagnostika.

Kabelové vedení je jedním z posledních článků v řetězci distribuce elektrické energie, ale v žádném případě není méně důležitý, než jakýkoliv jiný článek. Může se stát, že se vlivem poruchy na kabelovém vedení náhle ocitne bez elektřiny spousta lidí. V dnešní době je však snaha o zajištění trvalé dodávky elektrické energie, takže i pokud nastane porucha, ve většině případů se najde možnost, jak energii k lidem dostat.

Každopádně porucha je v jakémkoliv případě stav nežádoucí, kterému se snažíme předcházet. Prostřednictvím diagnostických metod používaných v současné době můžeme získat spoustu cenných informací o stavu vybraného zařízení a eliminovat tak případnou možnost vzniku poruchy.

Hlavní faktor, který v případě kabelového vedení posuzujeme, je stav izolace. V dřívější době se stav izolace hodnotil na základě hodnot izolačního odporu a elektrické pevnosti. V dnešní době, s pokrokem diagnostických metod, jsou kabelová vedení podrobena rozsáhlým kontrolám kvality izolace. Dané diagnostické metody musíme nejen správně aplikovat, ale hlavně objektivně vyhodnotit. Vyhodnocení naměřených hodnot vyžaduje mnoho let praxe a zkušeností, bez kterých nelze provést objektivní vyhodnocení.

Diagnostika se tedy snaží včas odhalit slabá místa v izolaci kabelového vedení, objektivně určit stupeň degradace izolace a navrhnout řešení pro eliminaci vzniku poruch. Ze zkušebních metod jsou používány především metody nedestruktivní, jelikož ty tolik nenamáhají izolaci, a nezpůsobují tak její rychlejší stárnutí.

2 Student vykonal individuální praxi ve firmě

Individuální odborná praxe byla vykonána ve firmě ČEZ Distribuční služby, s. r. o., která je zapsána v obchodním rejstříku vedeném Krajským soudem v Ostravě. Odborná praxe byla vykonána na základě smlouvy o odborné praxi. V období zimního a letního semestru bylo studentem odpracováno celkem 50 dní.

2.1 ČEZ, a.s.

Skupina ČEZ sdružuje přes 100 společností. Tyto společnosti v rámci skupiny ČEZ působí jako výrobci, distributoři a prodejci elektřiny. Společnost ČEZ je jednou z největších firem v ČR, co se týče tržeb i počtu zaměstnanců.

Společnost ČEZ vznikla v roce 1992 přeměnou státního podniku České energetické závody. V roce 2003 společnost ČEZ koupila od státu podíly v některých regionálních neenergetických společnostech výměnou za přenosovou soustavu ČEPS. Tím byl položen základ Skupiny ČEZ.

Většinovým vlastníkem je Ministerstvo financí ČR, které vlastní 70,29 %. Dalšími vlastníky jsou právnické osoby (12,28 %), fyzické osoby (4,34 %) a správci (13,09 %). Kontrolu společností provádí Energetický regulační úřad. Společnost ČEZ v České republice provozuje jaderné elektrárny Temelín a Dukovany, dále provozuje elektrárny uhelné, vodní, větrné a sluneční. Na bezpečnost provozu jaderných elektráren dohlíží Státní úřad pro jadernou bezpečnost. [1]

2.2 Popis odborného zaměření firmy a popis pracovního zařazení

Odborná praxe byla vykonána u společnosti ČEZ Distribuční služby, s. r. o., na oddělení Diagnostika kabelů pro oblast severní Moravy, které má služebnu na ulici Tomkova v Ostravě. Tato služebna je zázemím také pro další oddělení diagnostiky.

2.2.1 ČEZ Distribuční služby, s. r. o.

ČEZ Distribuční služby, s. r. o., byla založena v říjnu 2005 společností ČEZ, a. s., jako dceřiná společnost pro komplexní zajištění služeb v oblasti provozování, odstraňování poruch, údržby a oprav distribuční soustavy. Tyto činnosti převzala společnost ČDS vyčleněním částí podniků z regionálních energetik Skupiny ČEZ.

Společnost disponuje týmem zkušených zaměstnanců, kteří mají vynikající odborné znalosti, a to jak v oblasti odstraňování poruch, provozování a udržování energetického zařízení, unikátních prací pod napětím, diagnostiky, tak i ochrany životního prostředí a bezpečnosti práce.

V současné době je společnost ČDS významným, dynamicky se rozvíjejícím dodavatelem s vysokou úrovní kvality poskytovaných služeb v rámci Skupiny ČEZ, zaměstnávající vysoce motivované, bezpečně a ekologicky jednající zaměstnance, kteří využívají špičkové know-how.

Zajištění distribučních služeb na zařízení distribuční soustavy pro Skupinu ČEZ je prioritní. Společnost však poskytuje obdobné činnosti také provozovatelům přenosové soustavy (ČEPS, a. s.), případně třetím osobám, zejména v objektech a regionech, kde na sebe zařízení navazují nebo spolu jinak souvisejí. [2]

2.2.2 Oddělení Diagnostika kabelů

Oddělení Diagnostika kabelů patří do odboru Diagnostika, který spadá do úseku VVN. Ředitelem úseku je Ing. Jiří Horák MBA, odbor Diagnostika řídí Ing. Petr Ehler a oddělení Diagnostika kabelů vede Ing. Petr Medek, který je zároveň konzultantem této práce.

Sídlo oddělení najdeme na ulici 28. října 3123/152, v Ostravě. Oddělení diagnostika kabelů se zabývá lokální a integrální diagnostikou, napěťovými zkouškami, lokalizací poruch a tras kabelového vedení.

Hlavním úkolem oddělení diagnostika kabelů je určit aktuální technický stav testovaného kabelového vedení, pomocí lokální a integrální diagnostiky, tedy měřením veličiny, která je nositelem informace o technickém stavu diagnostikovaného objektu. Posuzován je především stav izolace kabelového vedení. Vlivem degradace, nebo nesprávného technologického postupu při výrobě, dochází v izolačním systému ke vzniku nehomogenit, což způsobuje výskyt částečných výbojů při přivedení provozního napětí. Oddělení má tedy za úkol především předcházet možným poruchám. To, že se oddělení diagnostiky snaží předcházet poruchám, má také značný ekonomický efekt, protože pokud je eliminován vznik poruch, nedochází k tomu, že by odběratel byl bez dodávky elektrické energie.

Odborná praxe byla konkrétně vykonávána na pozici Technik diagnostiky II především za přítomnosti Romana Kostelníka (Technik diagnostiky II).

3 Seznam úkolů zadaných studentovi

Primární činností bylo provádění napěťových zkoušek a lokalizace částečných výbojů metodou Oscilating Wave Test System (dále jen OWTS). Další náplní odborné praxe byla lokalizace poruch na kabelovém vedení VN a NN.

Provádění napěťových zkoušek a lokalizace PD metodou OWTS byly vykonány dle plánů společnosti ČDS tak, aby byl zjištěn aktuální technický stav kabelového vedení. Následně bylo naším úkolem porovnat stav aktuální se stavem předchozím a vyhodnotit provozuschopnost a předpokládanou životnost kabelového vedení spolu s vydáním doporučení o dalším přeměření. Ačkoliv byla diagnostika prováděna především na starých kabelových vedeních, u kterých je předpokládaná životnost krátká, docházelo také k případům, kdy byla diagnostika provedena na nových kabelových vedeních, na kabelových vedeních po opravě a na kabelových vedeních v poruše.

Na diagnostikovaných kabelových vedeních bylo naším úkolem provést lokální a integrální diagnostiku. Integrální diagnostika byla prováděna zkrácenou napěťovou zkouškou OWTS, což je metoda, která se provádí oscilujícím napětím na úrovni $2 U_0$ po dobu 10 minut. Do rámce integrální diagnostiky spadala také plášťová zkouška. Systémem OWTS byla prováděna i lokální diagnostika, při níž se lokální místa určila na základě vzniku PD v určitém místě kabelového vedení.

Na oddělení Diagnostika kabelů je pro celou ČR k dispozici 15 měřicích vozů, z nichž 2 působí v Ostravě. Jeden MV je vybaven měřicím systémem OWTS, zaměřuje se tedy primárně na napěťové zkoušky. Druhý MV je určen pro lokalizaci poruch. V případě, že nebyla v plánu žádná napěťová zkouška, nebo bylo naopak velké množství poruch a závad, i první MV se zabýval lokalizací poruch. V rámci lokalizace poruch byly prováděny i další úkony, mezi něž patří vyhledání trasy kabelového vedení a určení kabelu ze svazku.

4 Postup řešení zadaných úkolů

Provádění napěťových zkoušek a lokalizace částečných výbojů probíhaly prostřednictvím diagnostického systému, který pracuje na základě metody Oscilating Wave Test System. Lokalizace poruch byla prováděna měřicím systémem SPG 40, majoritně akustickou metodou, případně bylo místo lokalizováno pomocí krokového napětí.

Jelikož je diagnostický systém pracující na základě metody OWTS natolik zajímavý, bude se tato práce dále zaměřovat právě na něj, respektive na problematiku měření PD metodou OWTS. Problematiku lokalizace poruch z rozsahových důvodů tato práce neřeší.

4.1 Měření částečných výbojů metodou OWTS

OWTS je diagnostický systém, který pracuje na principu oscilující vlny. Jde o jeden z účinných lokálních diagnostických systémů VN kabelového vedení, který slouží k měření úrovně PD a následné lokalizaci míst s jejich výskytem v izolačním systému kabelového vedení. Pomocí této metody můžeme zachytit přítomnost PD již při hladině 100 pC, tudíž můžeme říct, že měření je dostatečně citlivé. Velkou výhodou je také to, že metoda působí na zkoušený objekt krátce, a neovlivňuje tak životnost kabelového vedení.

Pomocí OWTS můžeme stanovit:

- absolutní hodnotu náboje PD,
- lokální hodnotu PD,
- místo výskytu PD,
- fázové rozložení PD,
- hodnotu ztrátového činitele $\tan \alpha$.

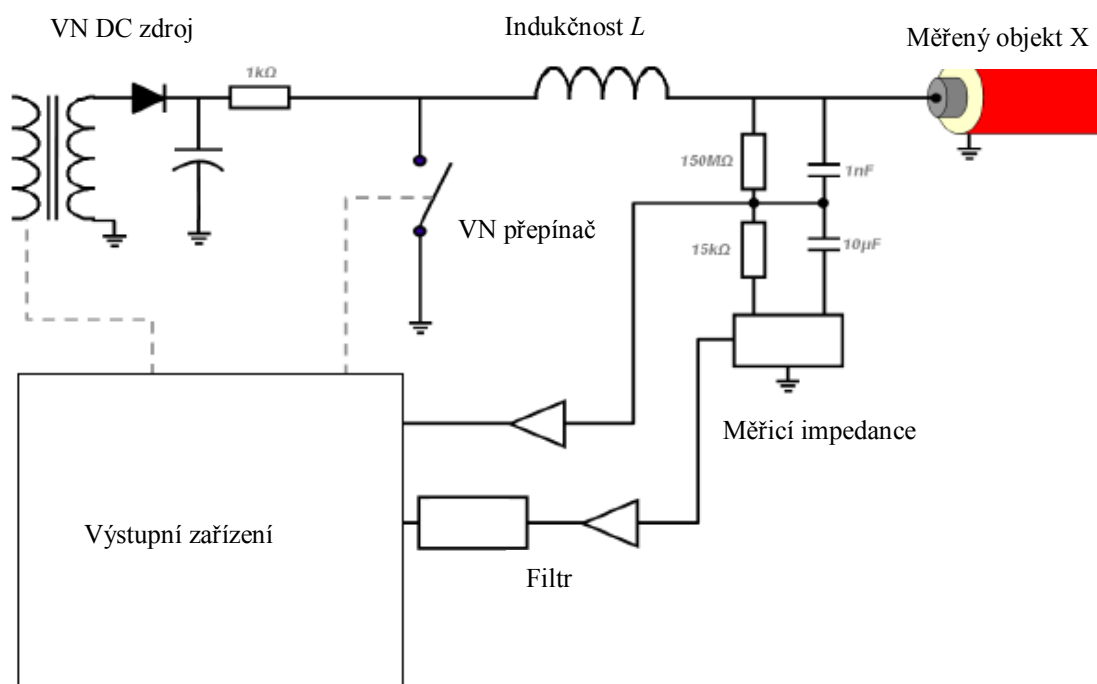
4.1.1 Částečné výboje (Partial Discharges)

Částečný výboj (PD) je lokalizovaný elektrický výboj, který pouze částečně přemostňuje izolaci mezi vodiči a který se může nebo nemusí objevit v okolí vodiče. [3] Pro částečné výboje je charakteristické, že způsobují destrukci izolačního systému. Důsledkem je zkracování životnosti dielektrika a snižování jeho elektrické pevnosti až na práh průrazu.

PD trvá jen velmi krátkou dobu a má zpravidla impulzní charakter. Již při výrobě dielektrika nejde zcela zabránit vzniku nehomogenit. Pokud je překročena elektrická pevnost tohoto místa, dojde v něm k elektrickému výboji. Více o částečných výbojích v [4].

4.1.2 Princip systému OWTS

Abychom systémem OWTS mohli provést měření a lokalizovat PD, musíme vygenerovat sinusový průběh napětí, jež je vytvořen na základě rezonančního principu. Princip tohoto systému znázorňuje schéma zapojení na obrázku 1. [5]



Obrázek 1 - Schéma zapojení systému OWTs
(zdroj: převzato a přeloženo z [5])

Zdrojem energie, který vytvoří oscilační vlnu, je pomocný vysokonapěťový DC zdroj, který prostřednictvím indukčnosti L napájí a zároveň nabíjí po dobu několika sekund měřený objekt X na předem stanovenou maximální hodnotu napětí. Doba nabíjení t_{nab} můžeme vypočítat ze vztahu:

$$t_{nab} = \frac{U_{MAX} \cdot C_{KAB}}{I} \quad (s) \quad (1).$$

Doba nabíjení kabelového vedení na požadovanou maximální hodnotu závisí na kapacitě kabelového vedení. Čím je kapacita a úroveň zkušebního napětí vyšší, tím je i doba nabíjení delší.

Poté se zdroj přes elektronický vysokonapěťový přepínač a speciálně konstruovanou vzduchovou tlumivku vybije. Mezi měřeným objektem X a indukčností L osciluje napětí s frekvencí f , podle Thomsonova vztahu:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} \quad (Hz) \quad (2).$$

Kde L představuje pevnou indukčnost a C představuje kapacitu měřeného kabelového vedení. Frekvence zkušebního napětí se v závislosti na kapacitě kabelového vedení pohybuje někde mezi 50 - 800 Hz. Hodnota indukčnosti L je konstantní ($L = 0,75$ H), a proto velikost oscilační frekvence závisí jen na velikosti kapacity měřeného objektu.

Průběh oscilační vlny se odvíjí od ztrátového činitele kabelového vedení a měřicího zařízení jako celku. Na základě tohoto jevu je měřicí zařízení schopné stanovit hodnotu ztrátového činitele $tg \delta$.

SS napětí má na kabelové vedení s plastovou izolací nepříznivé účinky. Výhodou systému OWTS je to, že kabelové vedení SS napětím nezatěžuje, jelikož pracuje se sinusovým oscilujícím napětím, jež je střídavé. Oscilující napětí je na testovaný objekt přiloženo jen několik 100 ms a nezpůsobuje tak další stárnutí nebo poškození kabelového vedení. [5] [6]

4.1.3 Velikost oscilujícího napětí

Ve většině případů bylo měření prováděno na kabelovém vedení pro napětí $U_s = 22 \text{ kV}$, platí tedy:

$$U_0 = \frac{U_s}{\sqrt{3}} = \frac{22}{\sqrt{3}} = 12,7 \text{ (kV)} \quad (3).$$

Během našeho měření bylo využíváno možnosti zadat velikost oscilujícího napětí U_0 jako špičkovou hodnotu napětí U_{PEAK} . Potom tedy:

$$U_{PEAK} = U_0 \cdot \sqrt{2} = 12,7 \cdot \sqrt{2} = 17,96 \text{ (kV)} \quad (4).$$

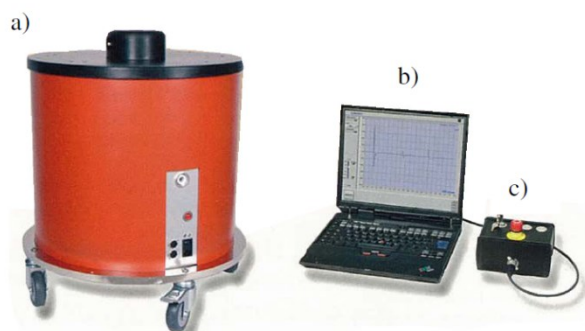
4.1.4 Šíření impulzu oscilační vlny

Systém OWTS, konkrétně měření PD pomocí tohoto systému, funguje na principu šíření impulzu PD a jeho následné lokalizace. Před samotným měřením je však potřebné provést kalibraci. Kromě velikosti kalibračního impulzu je brán do úvahy hlavně parametr šíření impulzu kabelovým vedením. Detailnější popis kalibrace poskytuje jedna z následujících kapitol (4.1.7.3).

Systém OWTS používá pro následnou lokalizaci PD reflektometrickou metodu, jejíž podstatou je šíření impulzu oběma směry během měření od místa výskytu PD. První impulz se z místa vzniku PD bezprostředně dostane do detektoru, druhý směřuje k opačnému konci kabelového vedení, odkud se odrazí a následně se rovněž dostává do detektoru. Na základě časového rozdílu příchodu dvou impulzů jsou lokalizována místa výskytu PD.

4.1.5 Komponenty diagnostického měřicího systému OWTS

K měření PD byl využíván systém OWTS od společnosti SebaKMT. Systém se skládá z jednotky OWTS (řada M), ovládacího panelu, notebooku a souboru speciálních propojovacích kabelů. Je ovládán pomocí notebooku a příslušného SW. Přenos dat mezi systémem OWTS a notebookem lze realizovat drátovým připojením přes rozhraní Ethernet, nebo lze využít bezdrátové možnosti připojení přes Wi-Fi. Ostatní části jsou navzájem propojeny pomocí speciálních kabelů.



Obrázek 2 - Komponenty systému OWTS
(zdroj: převzato [5])

- a) Jednotka OWTS
- b) Notebook
- c) Ovládací panel

4.1.6 Typy kabelového vedení

V distribučních sítích se můžeme setkat se dvěma skupinami kabelového vedení, jež se od sebe liší typem izolace. Jde o staré kabelové vedení, které má papírovou izolaci a nové kabelové vedení, které má izolaci plastovou.

Konstrukce

Kabelové vedení představuje izolovaný vodič skládající se ze tří následujících částí:

- jádro,
- izolace,
- ochranný obal.

Jádra silových kabelů se vyrábějí z mědi, nebo hliníku. K zajištění větší ohebnosti kabelu jsou jádra svinutá z více drátů. Jádro ovinuté izolací nazýváme žíla kabelu. Izolace VN kabelových vedení se vyrábí buď z impregnovaného papíru, nebo z plastů. Ochranný obal chrání izolaci silových kabelů před vniknutím vlhkosti a před mechanickým poškozením. Pro papírovou izolaci se ochranné pláště vyrábějí z kovových materiálů (olovo, nebo hliník). Plastová izolace je mnohem méně navlhavá než papír, proto se jako ochranný obal používají materiály z PVC a PE. V současnosti se na zvýšení ochrany proti vniknutí vlhkosti do izolace používá speciální páska.

4.1.7 Měření PD

Měření provádíme pomocí OWTS 5.0 softwaru, který ovládáme graficky pomocí myši a klávesnice. Tlačítka s příslušnými funkcemi v SW najdeme v dolní části displeje. Dříve, než začneme samotné měření, je z hlediska bezpečnosti nutné upozornit všechny zúčastněné osoby, že měření začíná.

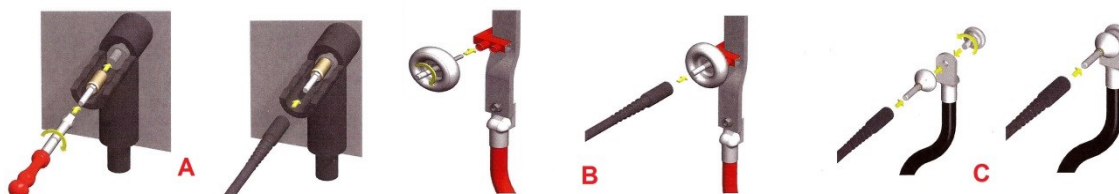
4.1.7.1 Před měřením

Interní metodika [7] společnosti ČDS uvádí přesný postup, který má být před měřením dodržen. Práce prováděná na kabelovém vedení je charakterizována jako práce na elektrickém

zařízení VN pod napětím. [8] Z toho důvodu musí být vedoucí práce minimálně pracovník znalý s vyšší kvalifikací §7 do i nad 1000V. [9]

Jedním z úkonů, prováděných před začátkem měření, bylo prokazatelné převzetí pracoviště na základě příkazu B. Příkaz B je základní technickoorganizační opatření pro zajištění bezpečnosti při práci na elektrických zařízeních. Dále dle vnitřních předpisů Skupiny ČEZ bylo nutno zajistit prostor dle ČSN EN 50191. Po dobu měření se jednalo o dočasné zkušební pracoviště. [10]

Dalším důležitým faktorem, je samotné připojení na diagnostikované kabelové vedení. Aby nevznikaly PD v místě připojení, byly používány připojovací adaptéry. Na následujícím obrázku (3A) například vidíme adaptéry pro připojení na „L-konektory“, se kterými se můžeme setkat v rozvaděčích od firmy Siemens. Na dalším obrázku (3B) vidíme adaptér pro připojení přímo na sběrnici. Poslední adaptér (3C) je používán pro připojení na kabelové oko.



Obrázek 3 - Připojovací adaptéry
(zdroj: materiál ČDS)

4.1.7.2 Informace o testovaném objektu

Z důvodu přehlednosti a lepší orientace v naměřených hodnotách byl před každým měřením proveden záznam základních informací o testovaném objektu. Záznam obsahuje informace o majiteli testovaného kabelového vedení. Ve většině případů je měření prováděno v rámci Skupiny ČEZ, občas však dojde k případům, kdy je měření prováděno pro soukromé subjekty.

Formulář obsahuje následující pole a prvky:

- Majitel: [textové pole]
- Technik: [výběrové pole]
- Datum: 3. května 2013
- Čas: 10:44
- Mesto: [výběrové pole]
- Zo stanice: [výběrové pole]
- do stanice: [výběrové pole]
- Typ odpínača: [výběrové pole]
- Typ odpínača: [výběrové pole]
- Číslo kábla: [výběrové pole]
- Rok inštalácie: [textové pole]
- Dĺžka (m): 1000
- Uo ef (kV): 0.1
- Jednožilový kábel: [výběrové pole]
- Definícia kábla: L1, Blízka spojka, káblový úsek, vzdialená koncovka
- Typ: [výběrové pole]
- Pozícia: [výběrové pole]
- Poznámka: [textové pole]
- OK, Cancel, OTVORIŤ, Nový, Klonovať, Hodiny

Obrázek 4 - Informace o testovaném objektu
(zdroj: měřicí SW)

4.1.7.3 Kalibrace

Účelem kalibrace je ověřit, zdali je měřicí systém schopen správně měřit předepsanou úroveň PD. Kalibrace je prováděna injektováním proudových impulzů krátkodobého trvání o známé úrovni náboje a je prováděna za účelem stanovení konstanty převodu pro měření zdánlivého náboje. Kalibraci provádíme pro každý objekt. [3]

Kalibrátor je měřicí zařízení, které provádí injektování proudových impulzů do testovaného objektu. Kalibrátor byl před každým měřením použit tak, že první pól byl připojen v místě spojení měřicího kabelu a zkoušeného objektu, druhý na stínění kabelu. Na obrázku 5 je vyobrazeno zapojení kalibrátoru a použití připojovacího adaptéru, který je přizpůsoben pro připojení měřicí svorky kalibrátoru.



Obrázek 5 - Zapojení kalibrátoru
(zdroj: foto z měření)

1. kalibrátor,
2. první pól kalibrátoru připojený v místě spojení měřicího kabelu,
3. druhý pól připojený na stínění kabelu.

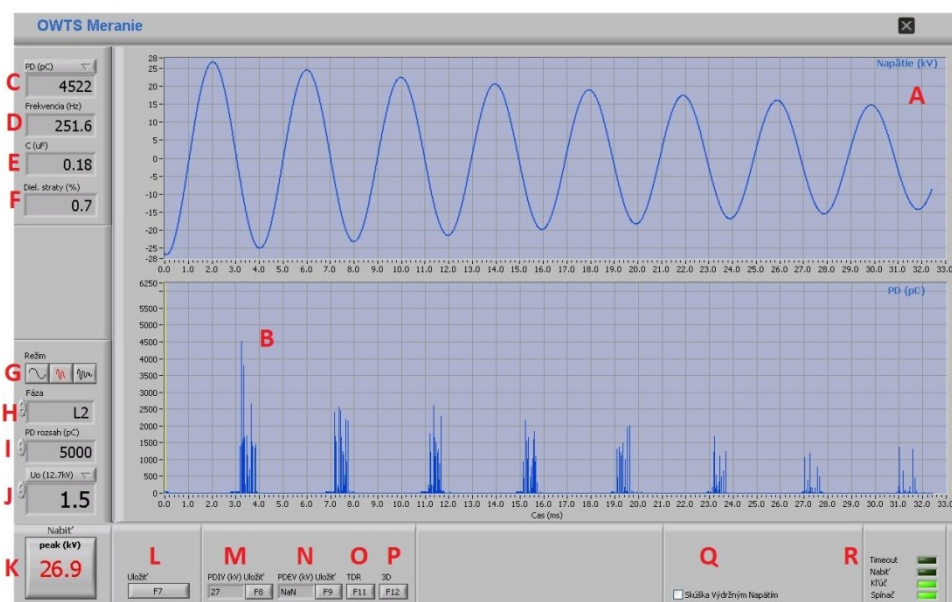
Samotná kalibrace byla provedena pomocí softwaru OWTS, nejprve pro hodnotu 10 pC, přitom bylo třeba dbát na to, aby rychlost šíření signálu v kabelu byla na hodnotě $168 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Rychlost šíření vlny pro daný typ kabelového vedení je udávána výrobcem.

Pro nové kabelové vedení typu AXEKCVEY s plastovou izolací platí hodnota $168 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, pro kabelové vedení papírové typu ANKTOPV potom hodnota $160 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Rychlost šíření $145 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ platí pro kabelové vedení instalované od roku 1978 do roku 1991, jde o staré kabelové vedení typu AXEKCEY s PE izolací.

Při kalibraci byla nejprve zvolena příslušná hodnota na kalibrátoru, a následně označením vybrána v měřicím SW. Jakmile dosáhla rychlost šíření příslušné hodnoty, bylo možné odečíst přesnou délku kabelu. Následně byla provedena kalibrace i pro ostatní rozsahy.

4.1.7.4 Zahájení měření

Následující obrázek popisuje základní obrazovku systému SW OWTS 5.0, jehož prostřednictvím bylo měření prováděno.



Obrázek 6- Úvodní obrazovka měřicího SW
(zdroj: SW OWTS 5.0)

Legenda:

A	aktuální průběh oscilujícího napětí,	L	tlačítko pro uložení aktuálních hodnot,
B	zobrazení hodnoty PD v závislosti na čase,	M	hodnota a tlačítko pro uložení zápalného napětí PD,
C	amplituda PD,	N	hodnota a tlačítko pro uložení zhášecího napětí PD,
D	frekvence PD,	O	reflektometrické vyhodnocení vzdálenosti míst,
E	kapacita měřeného kabelu,	P	tlačítko pro zobrazení výskytu PD v kabelu,
F	dielektrické ztráty,	Q	zapnutí zkoušky výdržným napětím,
G	režim průběhu oscilujícího napětí,	R	údaje o stavu systému.
H	měřená fáze,		
I	výchozí rozsah,		
J	násobek jmenovitého napětí,		
K	vrcholová hodnota zkušebního napětí,		

4.1.7.5 Samotné měření PD

Po vyplnění důležitých informací, kalibraci a nastavení všech parametrů bylo provedeno samotné měření.

Jako první se uskutečnilo měření pro napěťovou hladinu 0 kV. V režimu U_0 byla nastavena hodnota 0 kV. Při hodnotě 0 kV bylo možno také ověřit, zda je správně provedena kalibrace, navíc dle výskytů PD je zřetelné případné rušení měření. Měření začínalo na hodnotě $0,3 U_0$, což je 0,3 násobek jmenovitého fázového napětí. Po kliknutí na tlačítko „PEAK“ (obrázek 6, písmeno K), došlo k sepnutí VN spínače a VN zdroj vyslal oscilující vlnu do testovaného kabelového vedení.

Na zkoušený objekt by mělo být přiloženo napětí nižší než očekávané počáteční napětí. [3] Napětí se postupně zvyšuje. Při výskytu prvních PD průběh uložíme a následně napětí zvyšujeme po $0,2 U_0$ a pokaždé ukládáme data.

Uložení dat je nesmírně důležité pro následné vyhodnocování. V praxi se většinou řídíme pravidlem, že čím víc dat uložíme, tím je potom vyhodnocení přesnější. Během měření samozřejmě sledujeme nejen výskyt PD v závislosti na čase (obrázek 6, písmeno B), ale také všechny měřené hodnoty (obrázek 6, písmena C-F).

Například velikost dielektrických ztrát (obrázek 6, písmeno F) vypovídá o přítomnosti vody v izolaci kabelového vedení. I když je testované kabelové vedení bez výbojů, měli bychom uložit celkem 3 soubory. Měření při 0 kV (rušení), U_0 a $1,7 U_0$. Napětí zvyšujeme maximálně po hodnotu $1,7 U_0$.

Sledování měřených hodnot

Při měření SW vypočítá a zobrazí kapacitu měřeného kabelového vedení (obrázek 6, písmeno E) a dielektrické ztráty (obrázek 6, písmeno F). Tyto hodnoty jsou stejné pro všechny velikosti zkušebního napětí. Frekvence (obrázek 6, písmeno D) a amplituda PD (obrázek 6, písmeno C) se v závislosti na změně velikostí zkušebního napětí mění. Pokud jsou v kabelovém vedení přítomny PD, amplituda roste se zvyšujícím se napětím, tzn. čím větší napětí, tím větší amplituda PD.

Zápalné a zhašecí napětí

Napětí je zvyšováno tak dlouho, dokud nedojde k výskytu prvních PD. V tomto okamžiku je nutné určit a uložit zápalné a zhašecí napětí. Zápalné napětí je napětí, při kterém vznikají první výboje, velikost tohoto napětí představuje velikost zkušebního napětí. Pro zápalné napětí je také používán výraz počáteční napětí. [3] Zápalné, neboli počáteční napětí značíme $PDIV$. Zhašecí napětí je napětí, při kterém výboje zanikají. Zhašecí napětí značíme $PDEV$. Používáno je také označení U_i a U_e . [3]

Ze zkušeností lze konstatovat, že hodnota zhašecího napětí je o 10-35 % nižší, než hodnota zápalného napětí. Z hlediska posouzení stavu kabelového vedení je vždy důležité zjistit, jestli je zápalné a zhašecí napětí pod, nebo nad hodnotou U_0 . Pokud tedy platí:

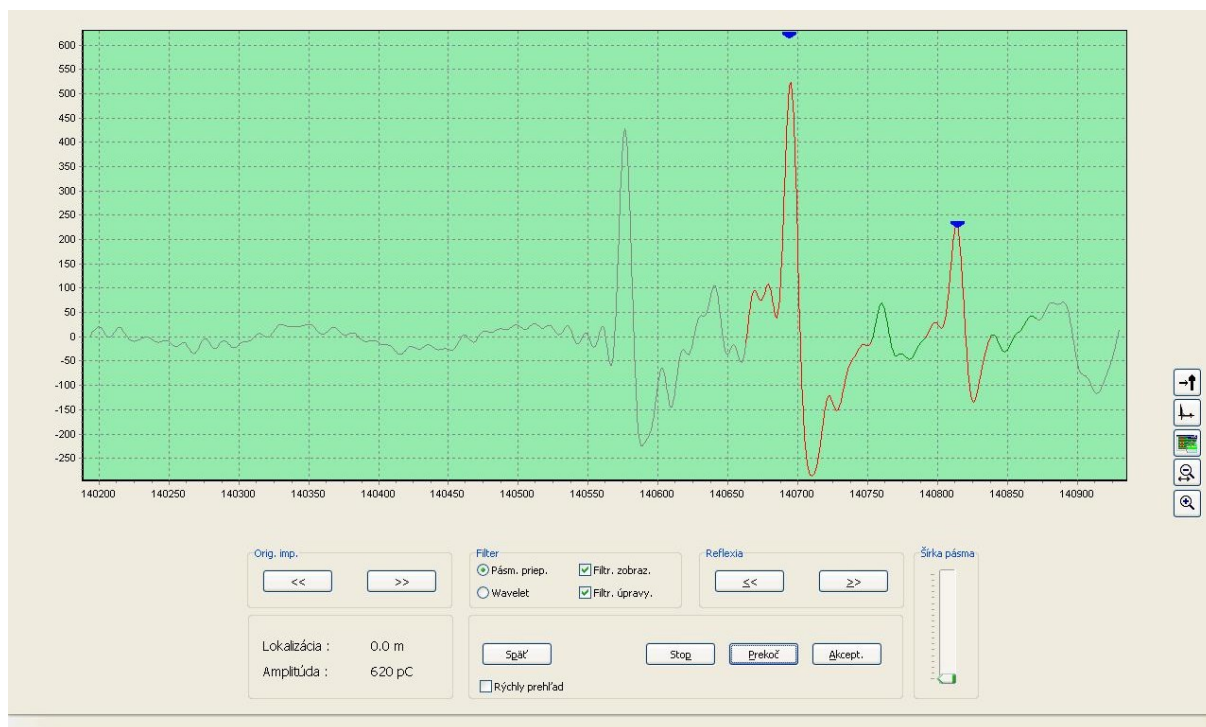
$$PDIV < U_{PEAK} \quad (5),$$

měl by být stav kabelového vedení vyhodnocen jako stav kritický.

4.1.7.6 Reflektometrické vyhodnocení vzdálenosti míst

Při výskytu PD je možno zobrazit průběh impulzu. Po kliknutí na tlačítko „TDR“ (obrázek 6, písmeno O) je spuštěno reflektometrické vyhodnocení vzdálenosti míst. Jako první musí být nastavena optimální šířka pásma. Pomocí funkce rychlého vyhodnocení je možné zjistit, jestli se na daném kabelovém vedení nenacházejí místa s lokálními koncentracemi PD, tedy možná kritická místa, na která je potřeba se při vyhodnocování zaměřit.

Výsledkem TDR vyhodnocení je PD mapping, což je zobrazení konkrétních vzdáleností PD vzhledem k délce kabelového vedení. Funkce rychlého přehledu je pouze automatizovaný vyhodnocovací algoritmus, který neslouží k přesnému vyhodnocení.



Obrázek 7 - TDR vyhodnocen
(zdroj: SW OWTS Explorer)

4.1.7.7 PD mapping

Pokud PD mapping, který je výsledkem rychlého přehledu reflektometrického vyhodnocení vzdálenosti míst, vykazuje určité lokální koncentrace výbojové aktivity, je možno v grafickém zobrazení na jeden bod kliknout pravým tlačítkem myši a zvolit obraz impulsu PD. Takto lze zkontrolovat správnost automatického vyhodnocení.



Obrázek 8 - PD mapping
(zdroj: SW OWTS Explorer)

4.1.7.8 Ukončení měření

Po skončení měření je nutné nastavit jmenovité fázové napětí na hodnotu 0 kV, čímž dojde k vybití kabelového vedení. Dále je nutné vypnout napájení VN zdroje, aby došlo k uzemnění. Testované kabelové vedení je v tomto okamžiku bez napětí a připraveno k manipulaci.

4.1.8 Vyhodnocení

Vyhodnocení je možno provést přímo na místě měření. Při samotném měření je důležité sledovat hodnoty, které vypočítává SW OWTS 5.0. O stavu kabelového vedení tedy během měření hodně napoví hodnota amplitudy a frekvence PD, kapacita a hodnota dielektrických ztrát.

Podrobné vyhodnocení je následně prováděno v kanceláři. K vyhodnocování je využíván SW OWTS Explorer, což je softwarový nástroj pro prohlížení, analýzu a reportování naměřených dat pomocí systému OWTS. Ke spuštění tohoto programu je potřeba USB klíč s oprávněním. Bez tohoto klíče není vyhodnocení možné, předchází se tak zneužití naměřených dat.

Vyhodnocení vyžaduje praxi a dlouholeté zkušenosti. Samotné vyhodnocování by bylo možné označit za nejtěžší a nejkomplikovanější úkon během měření PD metodou OWTS. Během praxe jsem měl možnost vyhodnotit několik kabelových vedení a následně porovnat své hodnocení s hodnocením profesionála s více než desetiletou praxí. V některých případech se naše hodnocení shodovalo, v jiných bylo diametrálně odlišné. Tento fakt byl překvapující, avšak zároveň potvrdil, že je k objektivnímu vyhodnocení a posouzení

skutečného stavu kabelového vedení potřeba zohlednit řadu faktorů. Popis těchto faktorů přesahuje rámec a především rozsah této práce, proto zde nejsou popsány.

4.1.9 Příklad z praxe

V následující kapitole je na konkrétním příkladu popsán průběh vyhodnocení stavu izolace kabelového vedení. Vyhodnocení, autorem popsané v této práci, nebylo použito jako vyhodnocení skutečného stavu izolace kabelového vedení ve skutečném provozu.

4.1.9.1 Příklad 1

Kabelové vedení s plastovou izolací typu AXEKCY je v provozu od roku 1977 a má délku 420 m.

Tabulka 1 - Příklad 1:

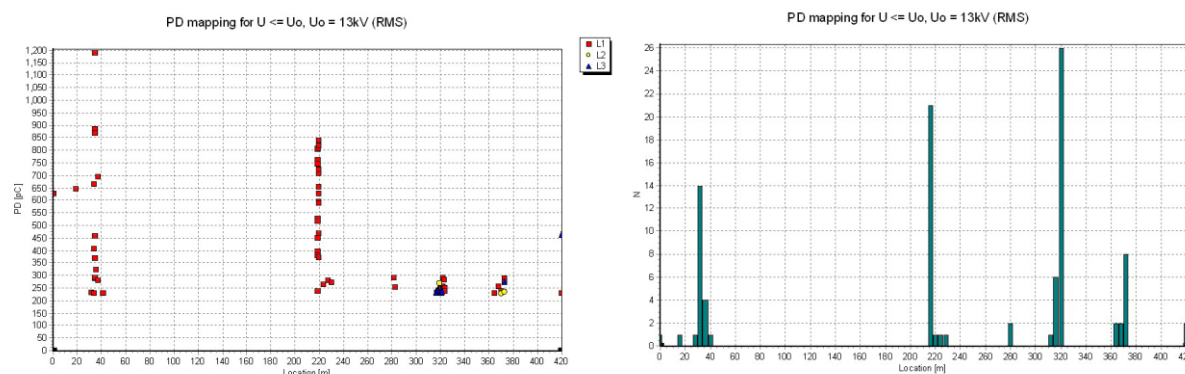
	L1	L2	L3
GroundNoise [pC]	-	-	-
PDIV [kV RMS]	10.2	16.5	14.0
PDEV [kV RMS]	9.4	14.8	13.0
PDmax [pC] (PDIV)	848	1194	1139
PDlevel [pC] (PDIV)	566	658	868
PDmax [pC] (U ₀)	654	276	1139
PDlevel [pC] (U ₀)	551	273	725
PDmax [pC] (1.7*U ₀)	6858	4268	2558
PDlevel [pC] (1.7*U ₀)	4832	2099	2025
PDmax [pC] (2*U ₀)	-	-	-
PDlevel [pC] (2*U ₀)	-	-	-
Capacitance [uF]	0.119	0.121	0.117
Frequency [Hz]	310.08	307.69	312.50
Diel. Losses	0.8 %	0.8 %	0.8 %

(zdroj: protokol z měření)

Tabulka zobrazuje přehled všech naměřených hodnot. O stavu izolace vypovídá hodnota v druhém řádku. Hodnota zápalného napětí (*PDIV*) je *PDIV* = 10,2 kV pro L1, *PDIV* = 16,5 kV pro L2 a *PDIV* = 14,0 kV pro L3. V případě tohoto kabelového vedení je rovozní napětí $U_0 = 13$ kV (RMS), takže $U_{PEAK} = 17,96$ kV (podle rovnice 4). Při běžném provozu se tedy v izolaci PD objevují na všech třech fázích, protože

$$PDIV < U_{PEAK} \quad (5).$$

Dalším ukazatelem může být maximální hodnota náboje PD (PD_{max}). Při *PDIV* = 16,5 kV je $PD_{max} = 1194$ pC, což je relativně vysoká hodnota. Při napětí $1.7U_0$, ale můžeme pozorovat, že na L2 hodnota dosáhla $PD_{max} = 4\,268$ pC. Největší výskyt PD můžeme předpokládat na L2.



Obrázek 9 - PD mapping pro U_0 příklad 3
(zdroj: protokol z měření)

Na výsledném PD mappingu vidíme zvýšený výskyt PD na L2 v lokálních místech kabelového vedení. Na vedlejším grafu potom četnost PD v závislosti na délce. Největší četnost je ve vzdálenosti 300 m, kde dosáhla hodnoty 26. Jednotlivé PD pro L1 ve vzdálenosti 219 m jsou seřazeny nad sebou, což signalizuje, že se v tomto místě s největší pravděpodobností nachází spojka. Tato spojka může být do budoucna příčinou poruchy na tomto kabelovém vedení.

Vždy když jsou PD seřazeny nad sebou tímto způsobem, je pravděpodobnost, že k poruše dojde právě v některém z těchto míst, vysoká. Z praxe vycházejí závěry, že k poruše ale dojde ve vzdálenosti 320 m od začátku kabelového vedení, kde je výskyt PD v L1, L2 i L3, amplituda dosahuje sice jen hodnoty $PD_{\max} = 300 \text{ pC}$, ale četnost PD v tomto místě je 26. Lze konstatovat, že by kabelové vedení vzhledem ke svému stáří mělo být buď vyměněno v celém úseku, nebo opraveno v místech 34 m, 219 m pro L1 a 310-330 m pro L1,2,3. Provozování takového kabelového vedení by mohlo být realizováno pouze se zvýšeným rizikem provozní poruchy.

5 Znalosti a dovednosti získané v průběhu studia

V průběhu studia na VŠB-TU Ostrava jsem získal mnoho cenných znalostí, které jsem mohl použít během odborné praxe. Využil jsem hlavně znalosti získané během studia 5. a 6. semestru, kdy jsem studoval předměty zaměřené přímo na energetiku. Při studiu jsem tedy měl možnost zároveň studovat probíranou látku i z praktického hlediska při absolvování odborné praxe. Navíc jsem měl možnost setkat se během odborné praxe se spoustou odborníků z jednotlivých oblastí, kteří moje znalosti ještě více prohlubovali.

V této práci jsem se zaměřil na diagnostiku kabelového vedení. Během studia na VŠ jsem se o diagnostice dozvěděl nejvíce v předmětu Diagnostika elektrických zařízení. V tomto předmětu jsem získal teoretické znalosti PD. Problematiku PD jsme probírali od rozdělení PD, přes jejich účinky na izolační systém až po používané metody diagnostiky PD. Tyto znalosti jsem tedy měl následně možnost využít během odborné praxe.

Také ostatní předměty byly pro mou odbornou praxi přínosné. Ve velké míře jsem například využil znalosti získané během studia předmětů Technická dokumentace a Projektování v elektrotechnice. V praxi jsem se totiž takřka při každém měření setkával s výkresovou dokumentací. Orientovat se ve výkresové dokumentaci mi nedělalo problém a uplatnil jsem zde znalosti získané během studia.

6 Znalosti a dovednosti scházející studentovi

Znalostí, které mi během odborné praxe chyběly, bylo nicméně mnoho. Nelze se domnívat, že ve škole probíraná teorie může studenta připravit bez výhrady na praktické úkoly. Řekl bych, že odborná praxe do určité míry simuluje nástup studenta do pracovního prostředí. Student má během odborné praxe možnost odhalit spoustu nedostatků, na které se může v rámci svého profesního růstu zaměřit, odstranit je a ve spoustě oblastí se zlepšit.

Po nástupu na odbornou praxi, jsem zpočátku měl největší problém s neznalostí vnitřních předpisů Skupiny ČEZ, jelikož je Skupina ČEZ obrovská společnost a organizace velkého počtu zaměstnanců je těžký úkol. Práci ve Skupině ČEZ tedy doprovází nutná znalost spousty vnitřních předpisů. Konkrétně jde o různé metodiky, postupy, či směrnice. První část své odborné praxe jsem tedy věnoval studiu vnitřních předpisů, při kterém jsem narazil na nedostatky v podobě neznalosti některých používaných zkratk.

Během odborné praxe, jakož i v této práci, jsem se zaměřil na problematiku měření PD na kabelovém vedení VN metodou OWST. I v této oblasti mi chyběla spousta znalostí. Po pravdě řečeno o metodě OWTS jsem nevěděl takřka nic. Nejen, že jsem přišel poprvé do styku s měřicím systémem OWTS a jeho komponenty, neznal jsem ani správný postup měření a software používaný pro vyhodnocení naměřených výsledků. Nejspíše právě má neznalost byla impulzem k touze dozvědět se o této problematice více a zaměřit se na ni také ve své závěrečné práci.

Při popisu scházejících znalostí a dovedností jsem se zatím zabýval odvětvími, na která mě studium na VŠ ve své podstatě připravit nemohlo. Nyní bych rád zmínil ČSN, jejíž znalost mi během odborné praxe chyběla. Myslím si, že zrovna znalostmi ČSN z oblasti energetiky by měl student energetiky disponovat. Na VŠ se o ČSN učíme pouze okrajově, hlubší znalost ČSN mi během praxe chyběla. Na druhou stranu je norem velké množství a jsou rozsáhlé, takže v rámci studia asi nelze hlubší znalost ČSN realizovat.

Ve výčtu znalostí a dovedností, které mi během odborné praxe scházely, bychom mohli pokračovat dále, ale jsem si vědom, že škola mi značnou část z nich poskytnout nemohla.

7 Dosažené výsledky a celkové zhodnocení

7.1 Dosažené výsledky

Během odborné praxe jsem dosáhl velké spousty výsledků. Nejvíc si na odborné praxi cením toho, že jsem měl možnost řešit reálné situace, které vznikly v provozu. Každodenní práce přímo v terénu pro mě byla obrovským přínosem a utvrdila mě v tom, že bych se jí věnoval rád i do budoucna. Navíc jsem si ověřil smysl diagnostiky na kabelovém vedení.

Nejvíc mi v paměti utkvěl případ, kdy jsme měřili diagnostickou metodou OWTS kabelové vedení. Na vedení jsme v určitém úseku prokázali výskyt PD a bylo doporučeno tento kabelový úsek vyměnit, aby došlo k eliminaci možného vzniku poruchy. Asi o měsíc později jsme vyjízďeli k poruše stejného kabelového vedení, na kterém byla provedena diagnostika. Porucha se nacházela přímo v místě, které bylo při diagnostice vyhodnoceno jako místo kritické. Potvrdil se tak samostatný význam diagnostiky.

Cením si také toho, že nyní jsem, s příslušným vybavením, schopný samostatně provést měření PD metodou OWTS. Na přijatelné úrovni jsem se také naučil korektně vyhodnocovat naměřené hodnoty.

Dosáhl jsem také spousty výsledků z oblasti bezpečnosti, jelikož při měření byl na bezpečnost kladen hlavní důraz. Bezpečnostní předpisy jsou dodržovány velice důsledně. Odborná praxe mě utvrdila, že je potřebné vždy maximálně dbát na bezpečnost.

7.2 Celkové zhodnocení

Mé hodnocení odborné praxe je ryze pozitivní. Všem, kteří mají možnost zvolit si tuto alternativu vypracování bakalářské práce, ji vřele doporučuji. Troufám si říct, že ve společnosti ČDS jsem se toho o energetice dozvěděl daleko více, než za tři roky studia. Samozřejmě jde do určité míry o nadsázku, ale získané znalosti a zkušenosti jsou k nezaplacení. Největší rozdíl totiž vidím v tom, že ve škole je jeden vyučující, který má na starost spoustu studentů. Na praxi ve společnosti ČDS to bylo přesně naopak, byl jsem tam jediný „student“ a kolem sebe jsem měl jen samé „učitele“. V této práci jsem se sice zaměřil pouze na problematiku měření PD na kabelovém vedení VN metodou OWST, ale během odborné praxe jsem si vytvořil představu o fungování celého oddělení diagnostiky, jejíž jednotlivé útvary jsem prošel.

8 Literatura

- [1] ČEZ. *Wikipedie*. [Online] [Citace: 10. 04 2013.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8CEZ>.
- [2] Skupina ČEZ. [Online] [Citace: 3. 20 2013.] <http://www.cez.cz/cs/uvod.html>.
- [3] ČSN-EN-60270. *Technika zkoušek vysokým napětím -Měření částečných výbojů*. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [4] ZÁLIŠ, Karel. *Částečné výboje v izolačních systémech elektrických strojů*. Praha: Academia, 2005.
- [5] SebaKMT. *Operating manual, OWTS M Series (28 kV/60 kV)*. Baunach: Seba Dynatron GmbH, 2011.
- [6] PETZOLD, Dr. Ing. Frank. *PD Diagnostics with OWTS*. Seba Dynatron GmbH, 2004.
- [7] MEDEK, Ing. a BOCHŇÁK, Ing. *Diagnostika elektrických zařízení nn a vn - kabelová vedení*. Ostrava: ČEZ Distribuční služby, s.r.o., 2011.
- [8] 330000-6, PNE. *Obsluha a práce na elektrických rozvodných zařízeních pro výrobu, přenos a rozvod elektrické energie*. 2007.
- [9] Vyhl. č. 50/78. Sb. *Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o odborné způsobilosti v elektrotechnice*. 19.05.1978.
- [10] ČSN-EN-50191. *Zřizování a provoz zkušebních*. Český normalizační institut, 2001.

9 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Schéma zapojení systému OWTS.....	6
Obrázek 2 - Komponenty systému OWTS.....	8
Obrázek 3 - Připojovací adaptéry	9
Obrázek 4 - Informace o testovaném objektu.....	9
Obrázek 5 - Zapojení kalibrátoru.....	10
Obrázek 6 - Úvodní obrazovka měřicího SW	11
Obrázek 7 - TDR vyhodnocen.....	13
Obrázek 8 - PD mapping.....	14
Obrázek 9 - PD mapping pro U_0 příklad 3	16

10 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Příklad 1:.....	15
-----------------------------	----